

# 対話システムにおける言語獲得能力の癒し効果に対する有効性

平河千波\* 荒木健治

Chinami Hirakawa Kenji Araki

北海道大学大学院情報科学研究科

Graduate School of Information Science and Technology

## 1 はじめに

人間と対話システムとのコミュニケーションが珍しくなくなりつつある昨今、より自然でユーザにかかる負担の少ないコミュニケーションが可能な対話システムの研究開発は急務であると考えられる。また、『癒し』をキーワードとした商品や論評が数多く発表され始めた社会的背景[1][2][3]の中で、対話ロボットにも高い癒し効果が期待されている[4]。しかしその多くは予約語の利用による対話から成り立つコミュニケーションとなっており、癒し効果についても予約語の範囲内で考えられる最高点までしか期待できない。これは予約語を中心とした対話という制限を外すことで解決できると考えられるが、そのためには予約語によらない対話システム、すなわち、動的に単語を獲得して成長を続けることの可能な対話システムの癒し効果に対する有効性を示すことが重要になる。

そこで本研究では、既定の応答ではなく、ユーザとの対話から動的に単語や文を獲得することで自由度の高い対話が可能システム構築を目指し、かつその自由度の高い対話によって結果的に範囲を限定しない癒し効果を確認することを目的として、言語獲得能力を持った対話システムによる癒し効果について考察する。

実験は、幼児との対話を意識して作成した2種類のシステムによって行い、ユーザの感覚的な評価に基づいて幼児との対話およびその中の言語獲得能力がもたらす癒し効果を比較・考察した。本研究中で幼児を意識したのは、言葉足らずだった幼児がユーザとの対話によって徐々に言葉を覚え言語を獲得していく過程、および次第に意思の疎通が図れるようになってきたと感じること等が、ユーザにとって得難い満足感となることを期待できるからである。また、もう一つの理由としては、自由度の高い対話をユーザに応じて可能となるような対話システムの一つのモデルの実現が、言語を獲得していく幼児の成長と同様の過程を示

\*chinami@media.eng.hokudai.ac.jp

すと考えられることが挙げられる[5][6]。

対話システムには大きく分けて入力文の解析および出力文の生成部分と、音声認識や音声入出力部分の二つの研究が必要であると考えられるが、ここでは前者についてより深く考察するため、本対話システムにおける対話はすべてテキスト入出力とし音声による対話は行わない。

## 2 処理過程

### 2.1 システム概要

本システムでは、同時に経験されるある事象と入力文との連想記憶を行う。その記憶に基づいて発話を繰り返す中で、言語が事象そのものを表現するために有効であることを幼児が学習し、自らの意図を他者に伝えて要求をかなえる手段を獲得していく過程を、一つの言語獲得であると考ええる。具体的には、幼児に普遍的な欲求のうち最も基本的であると思われる食欲、睡眠欲、遊びたいという欲求の3つを設定し、これらの欲求をより快適に満たすためにどうすれば良いのかを幼児が学習していく過程を、言語獲得の見地からモデル化した。本システムの処理は、入力単語ス



図1 システム外観

コア計算・内部状態チェック・出力文生成・フィードバックを1対話としてこれを繰り返す。以下、詳細を説明する。

入力はユーザ1名による語りかけ文とし、自立語と付属語を区別する。単語はそれ自身の単体の出現頻度、および文中の他の単語との共起頻度や単語同士の出現位置の距離に基づいて式(2-1),(2-2)から計算したスコアと共に記憶する。本手法ではこうして記憶した単語のみを出力文に用いるため、使用者がどのような言葉でシステムと対話するかによってシステムの出力内容は大きく変化する。

$$s = \exp_1 \times notice \quad (2-1)$$

$$c = (\exp_1 + \exp_2) \times notice \div L \quad (2-2)$$

ただし notice は通常 1.0, L は対象 2 単語間の距離(最大 5),

exp は対象単語毎に自立語 1.0、他 0.1 とする。

さらに使用中はリアルタイムで時間計測を行い、経過時間によってシステムの内部状態、すなわち欲求の種類や度合いを変化させる。こうした変化に合わせて外観上でのシステムの表情も変化させるため、ユーザはシステムの出力文が不明瞭または不正確な場合でも、その表情の変化から何らかの要求が行われていることを推測することが可能である。システムの外観を図1に示す。入出力は図1のフォーム上で行う。

## 2.2 事象と入力文との連想記憶

ユーザは入力文の他に「おひるね」「ごはん」「おもちゃ」の各事象をシステムに与え、内部状態を変化させることができる。また、システムの出力文に対して褒めたり窘めたりという感情情報を付加した入力を行うことができる。本システムの内部状態としては次の3値を設定する。いずれも時間経過と共に減少する。

- ・LIFE：疲労を表す。「おひるね」で回復。
- ・FOOD：空腹を表す。「ごはん」で回復。
- ・TOY：退屈を表す。「おもちゃ」で回復。

入力文が各事象と共に与えられた場合、システムはこれらの単語を各事象と関連付けて記憶する。

幼児は疲労・空腹等の場合に、その欲求を満たすもの以外への興味・関心は平常時よりも薄れると考えられる。これを本システムの処理に利用する。すなわち、内部状態が悪化するとそれだけ対話に対する集中力が低下し、単語を記憶する際のスコア計算に式(2-3),(2-4)の悪影響を及ぼす。

$$s' = s \times \frac{S}{S_{\max}} \quad (2-3), \quad c' = c \times \frac{S}{S_{\max}} \quad (2-4)$$

ただし S は現在の内部状態の値、

$S_{\max}$  はその内部状態の最大値(現在の上限値)とする。

これは逆に、内部状態が安定してどの値も十分に高いときは、学習効率が向上することを意味する。従って、ユーザは3種の事象をシステムの出力に応じて適宜与え、内部状態を改善・維持することが望ましい。

## 2.3 出力文生成

経過時間に合わせて内部状態を変化させた結果、最大値の半分より少なくなった場合、システムは状態を回復させる事象を求めるようになり、求める事象を連想する単語を用いて出力文を生成する。このときの出力文を要求発話とする。特に要求の無い場合に出力されるものを通常発話とする。

通常発話では、言語獲得初期の幼児によく見られるオウム返し発話と、無作為に獲得単語リストの中から選択する自由発話のいずれかを行う。幼児の機嫌が良いと相手の話により集中するようになると考えられる[7]ため、基本的にはランダムで選択するが、特に内部状態が良い場合はオウム返し発話を行いやすい。

オウム返し発話では、直前にユーザが入力した文をそのまま言い返すのが原則となるが、単語数や文の複雑さによっては、幼児という限界を考慮するとそのまま再現できないこともあり得る。そこで入力文中の単語と記憶してある単語リストで一致するもののうち最もスコアの高い単語をキーワードに設定し、続く単語はキーワードとの共起スコアが高いものから選び、記憶単語数の総量に応じて順次キーワードをずらしながら単語を追加していくことで出力文全体を生成する。

自由発話では、キーワードをユーザの入力文中の単語からではなく記憶してある単語リストのスコア上位 10%から任意で設定する。続く単語の選択方法はオウム返し発話と同様である。

要求発話では、要求対象となる事象と連想して記憶してある単語リストのスコア1位から順に選んでキーワードに設定し、続く単語は同様の連想記憶リストからキーワードとの共起スコアが最も高いものを選んで追加する。ただし、ユーザの入力単語数やその種類が十分でない場合には、連想記憶単語が実際の要求対象となる事象を連想しにくいものしかない可能性が考えられる。システムは要求対象を連

想する単語リストのスコア順に3位まで出力しても要求発話が失敗した場合、自由発話と同様にして出力文を生成する。これは連想記憶単語リストの上位には適当な単語が無かったと考えられるためである。ただし、今回は暫定的に3回までとした。

要求発話の成功とは、たとえば「ごはん」を要求する発話を行った結果、続くユーザの入力で「ごはん」が与えられた場合を指す。要求発話が成功すると、その事象に対する要求発話中の単語が求める事象を正しく連想できるものだったとして、連想単語共起スコアを更新する。また、要求発話が失敗した場合も同様の理由からスコアを更新する。従って試行錯誤を繰り返すことで最終的に有効な要求発話が可能となり、言語獲得に至ると考えられる。

### 3 性能評価実験

#### 3.1 実験条件

実験には理系大学院生男性3名女性2名の協力を得た。結果を比較しやすいように一定の終了条件を設け、条件が満たされれば随時実験終了とした。2種類のシステムと順不同で自由に対話を行い、最後にアンケートへの回答を得た。

Developed システムは本稿で提案する機能を全て実装した対話システムで、Basic システムは言語獲得能力が無い以外は Developed と同じものである。

#### 3.2 結果

図2に、式(3-1)によって求められる、同一被験者における要求発話の成功・失敗回数差の Developed・Basic 両システム間の差の推移の平均を示す。

これは1入出力を1対話として、各対話回数までの要求発話の成功回数から失敗回数を引いた差分を対話終了まで各システムについてそれぞれ求め、さらに Developed システムでの差分から Basic システムでの差分を同一被験者ごとに引くことで得られる結果を、被験者全員について平均したものである。両システム間で唯一の違いである言語獲得のためのアルゴリズムが、実際にどの程度有効であるかを示す一つの指標となる。

$$m = \sum_{i=1}^N \{(S_i - F_i)_D - (S_i - F_i)_B\} \div N \quad (3-1)$$

ただし S は成功回数, F は失敗回数, N は被験者数,

D は Developed システム, B は Basic システムでの値とする。

要求発話成功回数の  
失敗回数に対する増加傾向[回数]

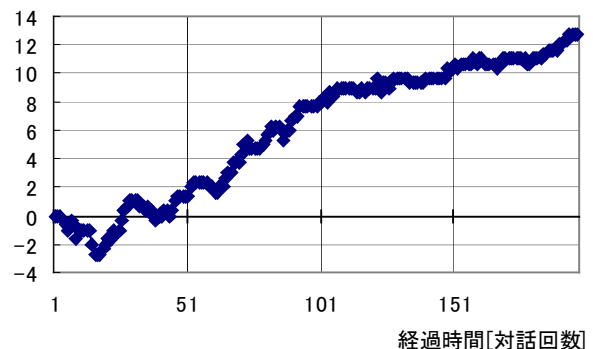


図2 Developed システムの言語獲得能力の有効性

表1にはアンケート集計結果を示す。評価はすべて10段階評価とし、10を最高点とする。A~Eの各列は各被験者を表し、各行は上から順に Developed・Basic システムそれぞれについて、「システムが欲しいものを正しく伝えることができるようになったとどのくらい感じたか」、「システムと対話してどのくらい楽しかったか」、そして「両システムを比較して Developed システムとの対話をどのくらいより長く楽しく続けられると感じたか」を評価したものである。最後の列には被験者全員の評価の平均を示す。平均αは5人全員の平均値、平均βはA、C、D3人の平均値である。詳細は3.3節にて詳しく述べる。

表1 アンケート集計 (10段階評価)

	A	B	C	D	E	平均 α/β
Devの要求成功感	9	2	9	10	2	6.6/9.3
Basicの "	2	2	2	3	2	2.2/2.3
Devの楽しさ	7	4	8	8	4	6.2/7.7
Basicの "	4	3	3	2	1	2.6/3.0
対話の楽しさ(比較)	6	3	8	8	8	6.6/7.3

#### 3.3 考察

図2のグラフの推移から、対話を重ねるに従ってシステムの要求発話の成功率がどのように変化したかを見ることが出来る。縦軸のゼロを境界に、正の値が大きいほど Developed システムの要求発話の成功率が Basic システムより大きい増え方をしていることを意味し、逆に負の値になると Developed システムよりも Basic システムの方が要求発話の成功率の増え方が大きいことを意味する。例を挙げ

ると、グラフの最後である 197 対話目の値は約 12.7 で、これは 197 対話時点で Developed システムでの要求発話の成功度合いが、Basic システムでの要求発話の成功度合いに比べておよそ 12.7 回分勝っていることになる。従ってこのグラフでは、正の値であることだけでなく、どれだけ単調増加傾向に近い推移が見られるかということも重要である。

対話回数の少ない間、すなわち対話初期においてはグラフの数値が負の値になることがあったが、これは Developed システムが連想記憶を行う初期の段階であり、十分な連想記憶単語が獲得されていなかったことが原因であると考えられる。対話回数が増えると正の値に転じ、以降は小規模な減少傾向を示すことがあっても大局では単調増加傾向を示している。Developed システムと Basic システムの比較から得られた結果なので、これはシステムの相違点である言語獲得能力の効果を示すものであると考えられる。従って Developed システムは Basic システムに比べて効果的に言語獲得を行うことができていると考えられる。

次に表 1 より、平均  $\alpha$  の値の比較から、要求発話の成功率の上昇度合いについては被験者も Developed システムの方が Basic システムより 4.4 ポイント分優れていたことが分かる。また、各システムとの対話の楽しさを比較してみると、被験者は Developed システムとの対話の方が 3.6 ポイント分楽しさで勝っているように感じていたことが分かる。これらはいずれも 10 点満点における評価値の差であり、十分に有意な差であると考えられる。従って被験者は言語獲得能力のある対話システムとの対話の方をより楽しく感じていたことが確認された。

一方で、Developed システムとの対話について被験者が感じた評価値そのものを見ると、要求発話の成功率の上昇度合いについても対話の楽しさについても 10 段階評価で 6.6、6.2 という値となっている。これは必ずしも十分に高い評価と見ることはできない。しかし平均  $\beta$  ではそれぞれ 9.3、7.7 と高い評価になる。平均  $\beta$  は B、E の二人の評価を除いて計算した結果である。A、C、D と B、E で最も異なった点は実験に際して入力された総単語数で、A、C、D では両システムとも 1,000 単語を超える入力があったのに対し、B、E では両システムともに約 400 単語の入力総数にとどまっている。このことから B、E 両被験者においては Developed システムの言語獲得のために必要とされる十分な入力単語数が与えられず、言語獲得が可能なシステムであるにも関わらず言語獲得に成功しないまま対話を終了し

たものと考えられる。よって言語獲得能力をもった対話システムによる対話内容を評価した平均値として平均  $\beta$  の値を用いるのは妥当である。

以上の考察から、言語獲得能力をもった対話システムとの対話は、言語獲得能力を持たないシステムとの対話に比べて有意な差をもって楽しく感じられることが確認された。今後より幅広く被験者を募ることでさらに確認を行う必要があるが、本性能評価実験により言語獲得能力の対話システムにおける癒し効果に対する一定の有効性が確認されたと考えられる。

#### 4 まとめ

本稿では言語獲得能力をもった対話システムを提案・構築し、そのシステムを用いて対話における言語獲得能力の癒し効果に対する有効性について確かめた。実験の結果、十分な入力単語が得られれば本提案システムにおいて言語獲得能力は癒し効果に対して十分に有効であることが確認された。今後はより確かな見解を得るためにも被験者を増やし結果の考察に務める必要があるが、言語獲得の分野が対話システムによる癒し効果のさらなる拡大に貢献するものと考えられる。

#### 参考文献

- [1] 科学技術振興機構,ISC,柴田ら:人とロボットの共生と学習に関する研究,2001-2004,2005, <http://paro.jp/>.
- [2] NEC,PaPeRo,PaPeRo2005, <http://www.incx.nec.co.jp/robot/>.
- [3] PARTNERS INC.,おしゃべりたっくん/はなちゃん, <http://www.ptns-sp.com/proper/index.html>.
- [4] 原田,亀田ら:癒し系ロボット PDDIN2004 の作成, 電子情報通信学会技術研究報告, TL2004-76 PRMU2004-244, pp.73-77, 2005.
- [5] 平河千波,荒木健治:言語と事象の連想記憶に基づく幼児の言語獲得モデルの有効性, 言語獲得と理解研究会資料,Vol.1, No.1, pp.41-47, 2005.
- [6] 平河千波,荒木健治:連想記憶を用いた言語獲得システムにおける複数被験者による性能評価, 北海道情報処理シンポジウム 2005 講演論文集, pp.62-63, 2005.
- [7] Susan H. Foster-Cohen.,今井邦彦訳:こどもは言語をどう獲得するのか, 岩波書店, 2002.